



KARAKTERISTIK BATUAN ASAL PEMBENTUKAN ENDAPAN NIKEL LATERIT DI DAERAH MADANG DAN SERAKAMAN TENGAH

Adi Kurniadi^{1*}, Mega Fatimah Rosana¹, Euis Tintin Yuningsih¹, Luhur Pambudi H.

¹Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran, Bandung

*Korespondensi: Adi13001@mail.unpad.ac.id

ABSTRAK

Salah satu faktor yang mempengaruhi pembentukan endapan nikel laterit adalah batuan asal. Pokok permasalahan yang akan di bahas pada penelitian ini adalah di fokuskan pada karakteristik batuan asalnya yaitu pada batuan ultrabasa berdasarkan intensitas serpentinisasinya, mineral penyusunnya, dan geokimia batuan pada sampel outcrop di lapangan serta kaitannya dengan potensi lateritisasi endapan nikel pada data sekunder yaitu pada data pemboran di daerah Madang dan Serakaman Tengah, Pulau Sebuk, Kalimantan Selatan. Metode penelitian yang di lakukan adalah dengan studi literatur, pemetaan geologi, analisis petrografi, serta analisis geokimia (elemen major berdasarkan metode X-Ray Fluoresence). Berdasarkan analisis perografi, karakteristik batuan asal pada batuan ultrabasa yaitu intensitas serpentinisasinya dominan tinggi, kemudian mineral utama penyusunnya adalah serpentin, olivine, orthopiroksen, klinopiroksen, mineral opak, dan mineral oksida. Secara geokimia batuan, unsur MgO lebih banyak kelimpahannya dibandingkan dengan unsur CaO dan Al₂O₃, menunjukkan mineral utamanya yaitu olivine dan piroksen. Di interpretasikan pula fraksionasi utamanya adalah mineral olivine dan protolit batuanannya di dominansi oleh dunit. Lateritisasi endapan nikel terdapat pada zona saprolit dalam suatu profil endapan nikel laterit. Di daerah Madang dan Serakaman Tengah mempunyai endapan nikel laterit yang cukup baik dan ekonomis meskipun kadar endapan nikel dan ketebalan zona saprolitnya relatif berbeda-beda.

Kata kunci : Batuan asal, serpentinisasi, mineral penyusun, geokimia, endapan nikel laterit

ABSTRACT

One of the factors that influence the formation of nickel laterite deposit is bedrock. The subject matter is focused on the characteristics of the bedrock that is in ultramafic rock based on the intensity of its serpentinization, mineral constituents, and geochemistry on the outcrop and its relation to the lateritization potential of nickel deposits in secondary data drilling data in Madang and Serakaman Tengah areas, Sebuk Island, South Kalimantan. The research method is done by literature study, geological mapping, petrographic analysis, and geochemical analysis (major element based on X-Ray Fluorescence method). Based on the petrographic analysis, the characteristic of the bedrock in ultramafic rocks is the high dominant serpentinization intensity, then the major minerals of the constituents are serpentine, olivine, orthopyroxene, clinopyroxene, opaque mineral, and mineral oxide. Geochemically, MgO elements are more abundant than CaO and Al₂O₃, indicating their main minerals olivine and pyroxene. Its also interpreted the main fractionation is olivine and protolit rock in dominance by dunit. Nickel laterite deposit can find in saprolite zone in a laterite nickel profile. In the area of Madang and Serakaman Tengah have nickel laterite deposits are good and economical although the nickel deposits and thickness of saprolite zone is relatively different.

Keywords : Bedrock, serpentinization, mineral constituents, geochemistry, nickel laterite deposits

1. PENDAHULUAN

Nikel laterit adalah produk residual pelapukan kimia pada batuan ultramafik (dunit, peridotit) dan ubahannya (serpentinit). Proses ini berlangsung selama jutaan tahun dimulai ketika batuan ultramafik tersingkap di permukaan bumi. (paper jance m. supit). Salah satu faktor yang mempengaruhi pembentukan endapan nikel laterit adalah batuan asal/induk. Pulau Sebuku, Kabupaten Kotabaru, Provinsi Kalimantan Selatan berdasarkan Peta Geologi Regional Lembar Kotabaru, Kalimantan Selatan (Rustandi, dkk, 1995) daerah tersebut sebagian besar tersusun atas batuan ultramafik yang memiliki umur Jura. Keberadaan batuan ultramafik yang cukup melimpah menjadi hal yang menarik untuk dikaji secara ilmiah untuk mengetahui karakteristiknya berdasarkan intensitas serpentinisasinya, mineral penyusunnya, dan geokimia batuan serta kaitannya dengan endapan Nikel laterit di Daerah Madang Dan Serakaman Tengah Kecamatan Pulau Sebuku, Kabupaten Kotabaru Provinsi Kalimantan Selatan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Geologi

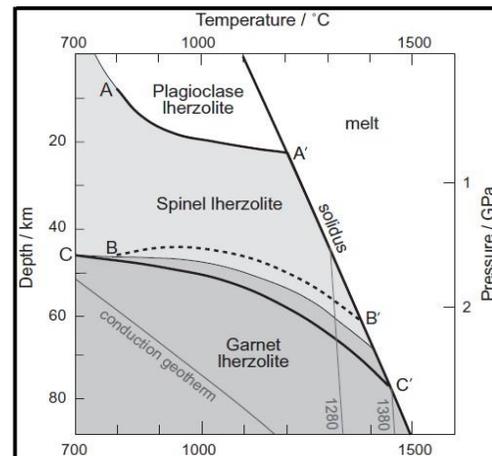
Pulau Sebuku sendiri secara stratigrafi regional tersusun atas lima formasi, dari yang tua ke muda, yaitu sebagai berikut: Batuan Ultramafik, Formasi Pitap, Formasi Haruyan, Formasi Tanjung, dan Alluvium. (Rustandi, dkk, 1995) (**lampiran 1**). Struktur geologi yang berkembang di Lembar Kotabaru yaitu sesar dan lipatan. Sesar naik umumnya berarah hampir utara selatan, sesar mendatar hampir barat timur, dan sesar normal utara selatan (Rustandi, dkk, 1986).

Batuan Beku Ultrabasa

Batuan Ultrabasa hadir dalam bumi sebagai komponen utama penyusun mantel atas di bawah kerak benua atau kerak samudera (Kadariusman, 2009). Secara sederhana batuan beku ultramafik adalah batuan beku yang secara kimia mengandung kurang dari 45% SiO₂ dari komposisinya. Kandungan mineralnya didominasi oleh mineral-mineral berat dengan kandungan unsur-unsur seperti Fe dan Mg (Ahmad, 2006). Menurut McDonough dan

Rudnick (1998), batuan ultrabasa umumnya tersusun atas olivin, ortopiroksen, klinopiroksen, dan fase alumina baik plagioklas, spinel atau garnet tergantung kesetimbangan suhu dan tekanannya.

Gambar 2.1 Stabilitas Plagioklas, spinel, dan Garnet Lherzolit pada diagram suhu dan tekanan (Gill, 2010)



Batuan ultramafik merupakan batuan yang menjadi sumber bagi endapan nikel laterit dan nikel sulfida. Selain sebagai sumber nikel, batuan ultramafik juga dapat menjadi induk dari kromit, logam dasar, kelompok logam platinum (PGM), intan, dan bijih besi laterit (Kadariusman, 2009).

Petrologi dan Mineralogi Batuan Ultrabasa

Menurut Gill (2010) batuan ultramafik yang paling segar tersusun seluruhnya oleh mineral anhydrous. Saat mineral hydrous seperti hornblend terbentuk pada batuan ultrabasa, itu dapat mengindikasikan hadirnya air selama proses kristalisasi. Batuan ultrabasa dan ultrabasa yang berasal dari manapun cenderung akan mengalami alterasi hidrotermal. Olivin dan ortopiroksen akan bereaksi dengan larutan fluida panas yang kemudian membentuk mineral serpentin. Batuan ultrabasa yang didominasi oleh mineral olivin akan berubah menjadi serpentin yang disebut dengan serpentinit. Metamorfisme tingkat rendah pada batuan ultrabasa akan menghasilkan batuan serpentin atau talk. Beberapa mineral dominan yang hadir dalam batuan ultrabasa, adalah sebagai berikut : (Gill (2010) olivin, orthopiroksen, klinopiroksen, spinel, garnet, plagioklas.

Serpentinisasi

Serpentinisasi menurut Palandri dan Reed (2004) adalah suatu reaksi eksotermis, hidrasi di mana air bereaksi dengan mineral mafik seperti olivin dan piroksen untuk menghasilkan lizardit, antigorit dan / atau krisotil.

Menurut Ahmad (2006) ada beberapa hal terjadinya proses serpentinisasi adalah adanya penambahan air, adanya pelarutan magnesia (atau penambahan silika), adanya pelepasan besi dalam olivin (Fe, Mg), konversi besi yang lepas dari ikatan ferro (Fe^{2+}) menjadi ferri (Fe^{3+}) untuk membentuk magnetit berbutir halus. Akibatnya batuan terserpentinisasi umumnya akan menjadi lebih magnetik.

Peran atau kemunculan mineral serpentin pada batuan dasar penghasil laterit terkadang memberikan dampak yang sangat signifikan terhadap karakterisasi tanah laterit yang ada. Secara umum batuan dasar penghasil tanah laterit merupakan batuan-batuan ultramafik dimana batuan yang rendah akan unsur Si, namun tinggi akan unsur Fe, Mg dan terdapat unsur Ni yang berasal langsung dari mantle bumi. Kehadiran mineral serpentin pada batuan ultramafik menjadi suatu peranan penting dalam pembentukan karakteristik tanah laterit yang ada terutama pada pengkayaan unsur logam Ni pada tanah laterit. Proses serpentinisasi akan menyebabkan perubahan tekstur mineralogi dan senyawa pada mineral olivin maupun piroksen pengurangan atau perubahan komposisi unsur Mg, Ni dan Fe pada mineralnya.

Genesa Endapan Nikel laterit

Laterit menurut (Evans, 1993) adalah produk sisa dari pelapukan kimia batuan di permukaan bumi, di mana berbagai mineral asli atau primer mengalami ketidakstabilan karena adanya air, kemudian larut atau pecah dan membentuk mineral baru yang lebih stabil. Laterit penting sebagai batuan induk untuk endapan bijih ekonomi..

Proses terbentuknya nikel laterit dimulai adanya pelapukan yang intensif pada batuan peridotit/batuan induk. Batuan induk akan terjadi perubahan menjadi serpentin akibat adanya larutan hidrotermal pada waktu pembekuan magma/proses serpentinisasi. Kemudian terjadi pelapukan (kimia dan fisika) menyebabkan terjadi dekomposisi pada batuan

induk. Adapun menurut Golightly (1981) sebagian unsur Ca, Mg, dan Si akan mengalami dekomposisi dan beberapa terkayakan secara supergen (Ni, Mn, Co, Zn). Atau terkayakan secara relative (Fe, Cr, Al, Ti, S, dan Cu). (Golightly, 1981). Air resapan yang mengandung CO_2 yang berasal dari udara meresap sampai ke permukaan tanah melindi mineral primer seperti olivine, serpentin, dan piroksen. Air meresap secara perlahan sampai batas antara zona limonit dan zona saprolit, kemudian mengalir secara lateral, kemudian lebih banyak didominasi oleh transportasi larutan secara horizontal. (Veleton, 1967)

Untuk bahan-bahan yang sukar atau tidak mudah larut akan tinggal pada tempatnya dan sebagian turun ke bawah bersama larutan sebagai larutan koloid. Batuan-batuan seperti Fe, Ni, Dan Co akan membentuk konsentrasi residual dan konsentrasi celah pada zona yang disebut dengan zona saprolit, berwarna coklat kuning kemerahan.

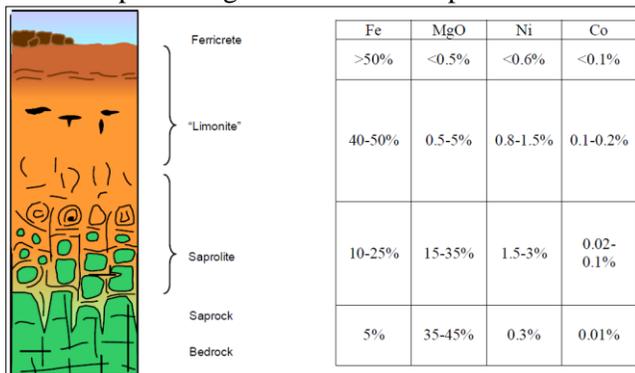
Profil Endapan Nikel laterit

Profil Nikel laterit pada umumnya adalah terdiri dari 4 zona gradasi sebagai berikut : (Ahmad, 2006)

1. Tanah Penutup atau Top soil (biasanya disebut "Iron Capping") Tanah residu berwarna merah tua yang merupakan hasil oksidasi yang terdiri dari masa hematit, goethit serta limonit. Kadar besi yang terkandung sangat tinggi dengan kelimpahan unsur Ni yang sangat rendah.
2. Zona Limonit Berwarna merah coklat atau kuning, berukuran butir halus hingga lempungan, lapisan kaya besi dari limonit soil yang menyelimuti seluruh area.
3. Zona lapisan antara atau "Silica Boxwork" Zona ini jarang terdapat pada batuan dasar (bedrock) yang serpentinisasi. Berwarna putih – orange chert, quartz, mengisi sepanjang rekahan dan sebagian menggantikan zona terluar dari unsertentine fragmen peridotit, sebagian mengawetkan struktur dan tekstur dari batuan asal. Terkadang terdapat mineral opal, magnesit. Akumulasi dari garnierit-pimelit di dalam boxwork mungkin berasal dari nikel ore yang kaya akan silika.
4. Zona Saprolit Merupakan campuran dari sisa – sisa batuan, bersifat pasiran,

saprolitic rims, vein dari garnierite, nickeliferous quartz, mangan dan pada beberapa kasus terdapat silika bozwork, bentukan dari suatu zona transisi dari limonit ke bedrock. Terkadang terdapat mineral quartz yang mengisi rekahan, mineral mineral primer yang terlupakan, chlorit. Garnierite dilapangan biasanya diidentifikasi sebagai “colloidal talk” dengan lebih atau kurang nickeliferous serpentine. Struktur dan tekstur batuan asal masih terlihat.

5. Batuan dasar (Bedrock) Tersusun atas bongkahan atau blok dari batuan induk yang secara umum sudah tidak mengandung mineral ekonomis (kadaranya sudah mendekati atau sama dengan batuan dasar). Bagian ini merupakan bagian terbawah dari profil laterit.



Gambar 2.2 Profil Endapan Nikel laterit

Faktor-Faktor Pembentukan Laterit Nikel

Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan bijih laterit nikel ini adalah sebagai berikut (Ahmad, 2006) :

1. Batuan asal, batuan asal untuk terbentuknya endapan nikel laterit adalah batuan ultra basa. Terdapat elemen Ni pada olivin dan piroksen
2. Struktur \ yang umum dijumpai pada zona laterit nikel adalah struktur kekar (joint)
3. Iklim, pergantian musim kemarau dan musim penghujan dimana terjadi kenaikan dan penurunan permukaan air tanah juga dapat menyebabkan terjadinya proses pemisahan dan akumulasi unsur-unsur.
4. Proses pelarutan kimia dan vegetasi, adalah unsur-unsur dan senyawasenyawa yang membantu mempercepat proses pelapukan batuan menjadi soil. Air tanah yang mengandung CO₂ memegang peranan penting didalam proses pelapukan kimia.

5. Topografi, yang landai, akan mempunyai kesempatan untuk mengadakan penetrasi lebih dalam melalui rekahan-rekahan atau pori-pori batuan.

6. Waktu yang cukup lama akan mengakibatkan pelapukan yang cukup intensif karena akumulasi unsur nikel cukup tinggi. Waktu lateritisasi tiap ketebalan 1 mm membutuhkan waktu sekitar 100 tahun,

3. METODE

Lingkup penelitian meliputi data primer dan data sekunder. Pengambilan data primer yaitu pemetaan geologi dan analisis laboratorium berupa analisis petrografi dan analisis geokimia berdasarkan metode X-Ray Fluorescence berjumlah lima sampel batuan. Sedangkan data sekunder yaitu data hasil pemboran berupa data geokimia yang berjumlah lima data pemboran.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Batuan Asal Berdasarkan Analisis Petrografi

Analisis petrografi yaitu melakukan pemerian mikroskopis dari sayatan tipis batuan untuk mengetahui jenis dan karakteristik batuan berdasarkan mineral penyusun batuan, tekstur dan struktur serta tingkat serpentinisasi yang terlihat pada batuan asal ultrabasa . Sayatan yang telah dianalisis sebanyak 5 sampel.

a. Sayatan Batuan MDG 80-157

Sayatan batuan ini diambil dari sampel *outcrop* lapangan pada stasin MDG 80 di daerah Madang. Sampel ini secara megaskopis merupakan jenis batuan dunit terserpentinisasi yang termasuk ke dalam satuan dunit terserpentinisasi.

Sayatan batuan memiliki warna sejajar nikel tidak berwarna dan kecoklatan, nikel bersilang coklat kehitaman, memiliki ukuran kristal porfiritik dominasi afanitik, derajat kristalisasi holokristalin, kemas inequigranular, bentuk kristal subhedral, bentuk mineral hipidiomorf. memiliki tekstur mesh dan *veinlet*. Sayatan batuan ini telah mengalami alterasi dengan intensitas alterasi cukup kuat. Hal tersebut dibuktikan dari kehadiran mineral

serpentin yang mendominasi pada sayatan batuan ini. Mineral serpentin tersebut didominasi oleh mineral antigorit., terdapat sedikit mineral olivin yang menjadi mineral utamanya, terdapat pula mineral opak dan mineral oksida yang mengisi rekahan /veinlet nya bersamaan dengan mineral serpentin.

Komposisi mineral terdiri dari mineral serpentin (82%) dengan jenis antigorite dan sedikit krisotil, olivin (3%), mineral opak (5%), mineral oksida (7%). Nama batuan secara mikroskopisnya adalah Dunit terserpentinisasi (Streckeisen, 1976 rekomendasi IUGS) (**Lampiran 2**)

b. Sayatan Batuan MDG 109-185

Sayatan batuan ini diambil dari sampel *outcrop* lapangan pada stasiun MDG 109 di daerah Madang. Sayatan batuan ini termasuk ke dalam jenis batuan beku ultrabasa. Sampel ini secara megaskopis merupakan jenis batuan dunit terserpentinisasi yang termasuk ke dalam satuan dunit terserpentinisasi.

Sayatan batuan memiliki warna sejajar nikel tidak berwarna dan kecoklatan, nikel bersilang coklat kehitaman, memiliki ukuran kristal afanitik, derajat kristalisasi holokristalin, kemas inequigranular, bentuk kristal subhedral, bentuk mineral hipidiomorf. memiliki tekstur *mesh* dan veinlet. Sayatan batuan ini telah mengalami alterasi dengan intensitas alterasi cukup kuat. Hal tersebut dibuktikan dari kehadiran mineral serpentin yang mendominasi pada sayatan batuan ini. Mineral serpentin tersebut didominasi oleh mineral antigorite dan sedikit krisotil., terdapat sedikit mineral olivin yang menjadi mineral utamanya, terdapat pula mineral opak dan mineral oksida yang mengisi rekahan /veinlet.

Komposisi mineral terdiri dari mineral serpentin (87%) dengan jenis antigorite dan sedikit krisotil, olivin (3%), mineral opak (5%), mineral oksida (5%). Nama batuan secara mikroskopisnya adalah Dunit terserpentinisasi (Streckeisen, 1976 rekomendasi IUGS). (**Lampiran 3**)

c. Sayatan Batuan MDG 106-183

Sayatan batuan ini diambil dari sampel *outcrop* lapangan pada stasiun MDG 106 di daerah Madang. Sayatan batuan ini termasuk ke dalam jenis batuan beku ultrabasa. Sampel ini

secara megaskopis merupakan jenis batuan lherzolite terserpentinisasi yang termasuk ke dalam satuan dunit terserpentinisasi.

Sayatan batuan memiliki warna sejajar nikel tidak berwarna dan agak kecoklatan, nikel bersilang coklat hitam kekuningan, memiliki ukuran kristal porfiritik, derajat kristalisasi holokristalin, kemas inequigranular, bentuk kristal subhedral, bentuk mineral hipidiomorf. memiliki tekstur *mesh* dan terdapat veinlet. Sayatan batuan ini telah mengalami alterasi dengan intensitas sedang karena masih banyak terdapat mineral-mineral utama seperti klinopiroksen, orthopiroksen, olivin, dan mineral opak yang mengisi *veinlet* nya bersamaan dengan mineral oksida. Adanya mineral ubahan yaitu serpentin kemungkinan hasil dari ubahan dari mineral-mineral utama tersebut.

Komposisi mineral terdiri dari mineral serpentin (35%) dengan jenis antigorite dan sedikit krisotil, olivin (20%), mineral orthopiroksen (10%), mineral klinopiroksen (30%), mineral opak (3%), mineral oksida (2%). Nama batuan secara mikroskopisnya adalah Lherzolite terserpentinisasi (Streckeisen, 1976 rekomendasi IUGS). **Lampiran 4**)

d. Sayatan Batuan MDG 83-163

Sayatan batuan ini diambil dari sampel *outcrop* lapangan pada stasiun MDG 83 di daerah Madang. Sayatan batuan ini termasuk ke dalam jenis batuan beku ultrabasa. Sampel ini secara megaskopis merupakan jenis batuan dunit terserpentinisasi yang termasuk ke dalam satuan dunit terserpentinisasi.

Sayatan batuan memiliki warna sejajar nikel tidak berwarna dan agak kecoklatan, nikel bersilang coklat hitam keabu-abuan, memiliki ukuran kristal afanitik-porfiritik, derajat kristalisasi holokristalin, kemas inequigranular, bentuk kristal subhedral, bentuk mineral hipidiomorf. memiliki tekstur *mesh* dan terdapat veinlet. Sayatan batuan ini telah mengalami alterasi dengan intensitas alterasi cukup kuat karena banyak mineral-mineral serpentin hasil ubahan dari mineral utamanya. Terlihat pula ada mineral utama yaitu sedikit olivin, kemudian ada pula mineral opak yang mengisi *veinlet* nya bersama dengan mineral oksida.

Komposisi mineral terdiri dari mineral serpentin (85%) dengan jenis antigorite dan

sedikit lizardit, olivin (5%), mineral opak (5%), mineral oksida (5%). Nama batuan secara mikroskopisnya adalah Dunit terserpentinisasi (Streckeisen, 1976 rekomendasi IUGS). **Lampiran 5)**

e. Sayatan Batuan MDG 160-275

Sayatan batuan ini diambil dari sampel *outcrop* lapangan pada stasiun MDG 160 di daerah Serakaman Tengah. Sayatan batuan ini termasuk ke dalam jenis batuan beku ultrabasa. Sampel ini secara megaskopis merupakan jenis batuan harzburgite terserpentinisasi yang termasuk ke dalam satuan harzburgite terserpentinisasi.

Sayatan batuan memiliki warna sejajar nikol tidak berwarna dan agak kecoklatan, nikol bersilang coklat hitam keabu-abuan, memiliki ukuran kristal afanitik-porfiritik, derajat kristalisasi holokristalin, kemas inequigranular, bentuk kristal subhedral, bentuk mineral hipidiomorf. memiliki tekstur *mesh* dan terdapat veinlet. Sayatan batuan ini telah mengalami alterasi menjadi mineral serpentin dengan intensitas sedang karena masih banyak terdapat mineral-mineral utama seperti orthopiroksen dan klinopiroksen. Terdapat pula sedikit mineral opak dan oksida yang mengisi *veinlet* nya, kemudian ada terlihat mineral spinel.

Komposisi mineral terdiri dari mineral serpentin (45%) dengan jenis antigorite dan sedikit krisotil, orthopiroksen (35 %), klinopiroksen (10%), spinel (5%), mineral opak (3%), mineral oksida (2%). Nama batuan secara mikroskopisnya adalah Harzburgite terserpentinisasi (Streckeisen, 1976 rekomendasi IUGS). **Lampiran 6)**

Karakteristik Batuan Asal Berdasarkan Analisis XRF

Analisis Geokimia batuan asal ini dilakukan menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF) di mana data kimia unsur yang di dapatkan adalah unsur utama yaitu berupa SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, FeO(total), MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, dan P₂O₅, juga beberapa unsur jejak seperti SO₂, Ni, Cr₂O₃, dan Co. Satuan kimia unsur tersebut adalah wt %. Batuan asal ini merupakan batuan peridotit yang terserpentinisasi yang diambil dari *outcrop* di

lapangan yaitu dengan nomor sampel **XMP02170157, XMP02170163, XMP02170185, XMP02170183, XMP02170275.**

Hasil analisis XRF pada batuan asal, terlihat unsur MgO dan SiO₂, dari batuan asalnya masih menunjukkan nilai yang signifikan sesuai dengan sifat dari geokimia batuan ultramafik yaitu jumlah MgO \pm 34 %, SiO₂ \pm 40%. (Nockolds, 1954).

Berdasarkan Harker Diagram (Gambar 4.33), berdasarkan grafik dari unsur CaO, Al₂O₃, memberikan trend negatif terhadap penambahan unsur MgO sehingga bisa diinterpretasikan bahwa mineral Olivin merupakan fraksionasi utama pada batuan ini.

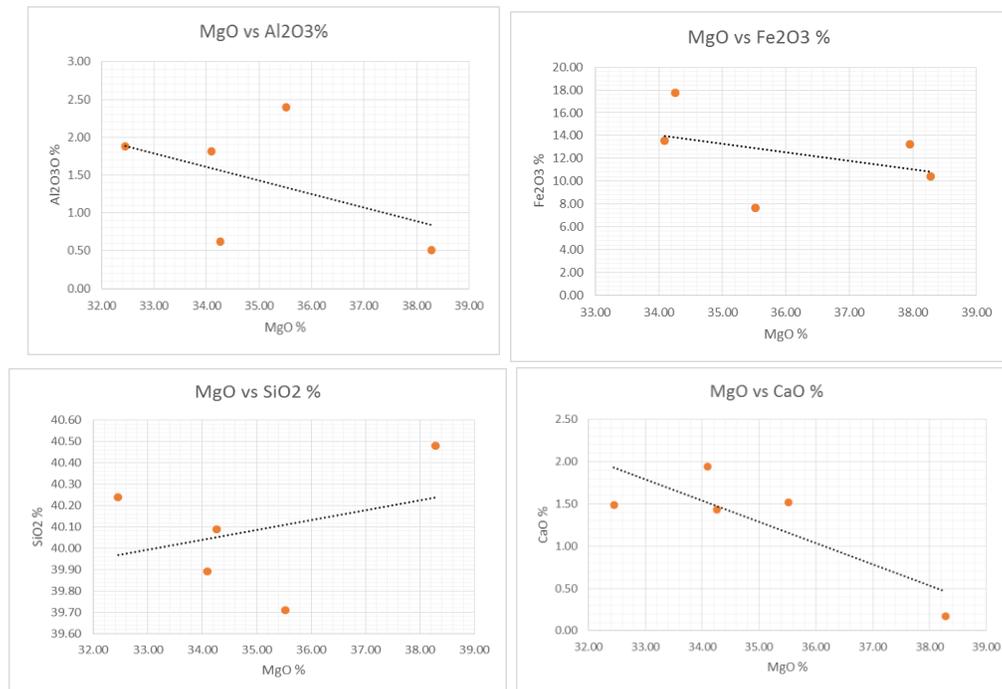
Berdasarkan Harker Diagram(Gambar 4.33), dilihat dari kelimpahan unsur MgO, CaO, dan Al₂O₃, Unsur MgO yang lebih banyak kelimpahannya dibandingkan dengan CaO dan Al₂O₃, menunjukkan mineral utama nya yaitu olivine dan piroksen. Tetapi dilihat dari unsur CaO dan Al₂O₃ yang sedikit menunjukkan klinopiroksen dan orthopiroksen ini terdapat jumlah yang sedikit, maka bisa diinterpretasikan bahwa protolit ini di dominansi oleh dunit.

Kemudian dari hasil analisis lainnya, batuan asal ini diperkirakan telah mengalami ubahan yaitu proses serpentinisasi dari batuan asal ditandai dengan adanya penambahan nilai LOI nya yaitu \pm 5-9 %. Tingkat serpentinisasi ini termasuk relatif sedang karena masih di jumpai mineral-mineral utama seperti olivine dan piroksen disamping ditemukannya mineral serpentin dari hasil ubahan terhadap mineral utamanya.

Selain itu dilihat dari perbandingan unsur MgO dan Fe₂O₃, terdapat trend negatif antara kedua unsur tersebut yaitu unsur MgO terhadap jumlah unsur Fe₂O₃ artinya ada pengurangan unsur MgO dan penambahan unsur Fe₂O₃ ini bisa diinterpretasikan adanya proses serpentinisasi yang terjadi pada batuan asal tersebut. Karena proses serpentinisasi ini akan menambah jumlah unsur Fe pada batuan diikuti terdapatnya magnetit (unsur utamanya Fe) pada batuan dan pada batuan akan mempunyai sifat kemagnetan. . Sehingga bisa diinterpretasikan batuan asal ini adalah batuan peridotit yang terserpentinisasikan.

Tabel 4.1 Hasil Analisis XRF Batuan Asal

Unsur	Unit(wt)	No Sampel				
		XMP 0217 0157	XMP 0217 0163	XMP 0217 0185	XMP 0217 0183	XMP 0217 0275
Fe XRF	%	7.31	5.35	9.49	12.40	9.27
Fe2O3	%	10.45	7.65	13.57	17.73	13.26
Al2O3	%	0.51	2.40	1.81	0.62	1.88
CaO	%	0.17	1.52	1.94	1.43	1.49
MgO	%	38.28	35.52	34.09	34.26	32.45
MnO	%	0.22	0.11	0.24	0.19	0.21
Cr2O3	%	0.30	0.20	0.46	0.34	0.34
Na2O	%	0.46	0.46	0.19	0.14	0.42
K2O	%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TiO2	%	0.03	0.07	0.16	0.02	0.05
SiO2	%	40.48	39.71	39.89	40.09	40.24
LOI	%	5.86	8.99	6.89	3.83	9.10
P	%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S	%	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00
Ni	%	0.38	0.27	0.46	0.36	0.45
Co	%	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00
Total Oksida	%	97.24	97.26	99.85	99.14	100.01



Gambar 4.1 Diagram Harker Unsur-Unsur Utama Pada Batuan Asal

Lateritisasi Endapan Nikel di Daerah Madang dan Serakaman Tengah

Dalam pembentukan endapan nikel laterit di Pulau Sebuku terbentuk dari beberapa proses dan faktor-faktor tertentu yang mempengaruhinya seperti halnya pelapukan yang menerus dari batuan asal, struktur geologi, morfologi, vegetasi, iklim, muka airtanah, dan waktu serta batuan asal. Batuan ultrabasa

merupakan batuan asal sumber yang baik unsur endapan nikel laterit dan nikel sulfide. Dari hasil pelapukan terhadap batuan asal tersebut menghasilkan dua tipe zona laterit yaitu zona limonit dan zona saprolit. Di pulau Sebuku ini zona limonit dibagi menjadi dua yaitu limonit merah dan limonit kuning.

Untuk mengetahui lateritisasi endapan nikel laterit yang berkembang, Terdapat data

pemboran berupa data geokimia profil endapan laterit, dan grafik kimia. Berikut ini data pemboran di daerah madang yaitu CD00434 dan data pemboran di daerah Serakaman Tengah yaitu CD00225.

Dari data geokimia dan grafik (**Lampran 7 pada hole CD00434**) menunjukkan bahwa profil endapan nikel laterit mempunyai kedalaman total 14 m. Kemudian terjadi pengayaan unsur Ni pada zona saprolit dengan kedalaman yaitu 2.2 m. dengan kadar Ni 0.81 % wt di kedalaman 8.8-9 m, kadar 0.44 % wt di kedalaman 9-10 m, kadar 0.34 % wt di kedalaman 10-11 m.

Kemudian dari data geokimia dan grafik (**Lampran 7 C**) tersebut menunjukkan bahwa profil endapan nikel laterit mempunyai kedalaman total 8 m. Kemudian terjadi pengayaan unsur Ni pada zona saprolit dengan kedalaman yang relatif tipis yaitu 50 cm. Dengan kadar endapan nikel nya yaitu 1.13 % wt.

Berdasarkan hasil data geokimia perbandingan data pemboran dari dua titik tersebut yang berlokasi di daerah Madang dan Serakaman Tengah menunjukkan suatu profil lateritisasi endapan laterit. Dari endapan laterit tersebut nampak terlihat adanya suatu pengkayaan unsur Ni yang berkembang cukup besar di zona saprolit. Meskipun di setiap titiknya mempunyai ketebalan dan kadar Ni yang relatif berbeda.

Dalam kedua profil laterit tersebut, diinterpretasikan bahwa zona saprolit di kedalaman tertentu karena adanya suatu ketimpangan pengurangan jumlah unsur Fe dan ketimpangan penambahan jumlah unsur Si dan Mg dari zona tanah limonit ke zona saprolitnya. Pada grafik titik pemboran CD00434 (**lampiran 7 pada hole CD00434**) terjadi di kedalaman 8.8-11 m. Pada grafik titik pemboran CD00225 (**lampiran 7 pada hole CD00434**) terjadi di kedalaman 7-7.4 m.

Hal tersebut bisa terjadi karena ketika terjadi suatu pelapukan atau proses pelindian oleh air dalam suatu batuan asal, unsur Fe ini akan terurai dan membentuk suatu larutan serta mempunyai sifat tidak mudah bergerak sehingga akan terkayakan/terakumulasi dekat dengan permukaan tanah dan mempunyai tingkat kemagnetan tertentu yang biasa disebut dengan

zona tanah limonit. Sedangkan selama proses suplai air terus berlangsung, kandungan unsur Mg, Si, dan Ni yang terdapat dalam suatu larutan akan terus masuk turun ke dalam tanah karena sifatnya mudah bergerak. Ketika proses suplai air berhenti dan larutan tidak dapat menembus bedrock sehingga zona ini bisa disebut dengan zona tanah saprolit. Maka unsur Si dan Mg dalam larutan tersebut berhenti pula dan jumlahnya relatif besar dibandingkan dengan zona limonit. Selain itu terjadi pengkayaan/ terkumpulnya unsur Ni pada zona ini sehingga di interpretasikan zona saprolit ini merupakan zona berkembangnya endapan nikel laterit.

Di samping itu, terdapat ketebalan zona saprolit yang berbeda-beda dalam suatu profil endapan laterit. Hal tersebut kemungkinan terjadi karena adanya pengaruh tingkat pelapukan yang berbeda. Zona saprolit yang mempunyai ketebalan yang besar mempunyai tingkat pelapukan yang cukup intens dibandingkan dengan zona saprolit yang mempunyai ketebalan yang kecil yang tingkat pelapukannya tidak intens.

Berdasarkan kadar endapan nikel lateritnya, daerah Madang dan Serakaman Tengah mempunyai perkembangan endapan nikel laterit yang cukup baik dan ekonomis sehingga kedua daerah tersebut mempunyai prospek bijih nikel untuk bisa di eksploitasi lebih lanjut lagi.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis petrografi, batuan asal pembentuk endapan nikel laterit di daerah Madang dan Serakaman tengah merupakan batuan ultrabasa yaitu peridotit yang terdiri dari dunit terserpentinisasi, harzburgit terserpentinisasi, dan lherzolit terserpentinisasi. Ketiga batuan tersebut telah mengalami serpentinisasi dengan intensitas kuat, mineral penyusunnya telah di dominasi oleh mineral serpentin, sedikit mineral opak, sedikit mineral oksida, dan sedikit mineral utama dari ketiga batuan tersebut yaitu olivin dari dunit terserpentinisasi, orthopiroksen dari harzburgit

terserpentinisasi, dan olivine, klinopiroksen, orthopiroksen dari lherzolit terserpentinisasi. Tekstur yang muncul dari batuan ketiga batuan ini secara mikroskopis yaitu tekstur *mesh* dan ada pula urat-urat veinlet yang terisi oleh mineral serpentin dan mineral opak.

Secara analisis geokimia berdasarkan diagram harker, mineral Olivin merupakan fraksionasi utama pada batuan ini karena unsur CaO, Al₂O₃, memberikan trend negatif terhadap penambahan unsur MgO Kemudian protolit ini di dominansi oleh dunit karena kelimpahan unsur MgO lebih banyak kelimpahannya dibandingkan dengan CaO dan Al₂O₃ yang menunjukkan mineral utama nya yaitu olivine dan piroksen, tetapi unsur CaO dan Al₂O₃ yang sedikit menunjukkan klinopiroksen dan orthopiroksen ini terdapat jumlah yang sedikit. selain itu, terdapat trend negatif antara unsur MgO terhadap jumlah unsur Fe₂O₃ sehingga ada penambahan unsur Fe yang diinterpretasikan adanya proses serpentinisasi serta dari nilai LOI nya relatif tinggi yang menunjukkan bahwa batuaanya telah mengalami serpentinisasi yang cukup tinggi.

Berdasarkan data geokimia dari hasil pemboran dalam satu profil endapan laterit yaitu zona limonit, zona saprolit, dan *bedrock*, endapan nikel laterit terkayakan di di bagian zona saprolit yang mempunyai ketebalan dan kadar yang relatif berbeda. Sehingga hal ini menunjukkan daerah Madang dan Serakaman Tengah mempunyai potensi endapan nikel laterit yang cukup berkembang untuk bisa di eksploitasi lebi lanjut lagi.

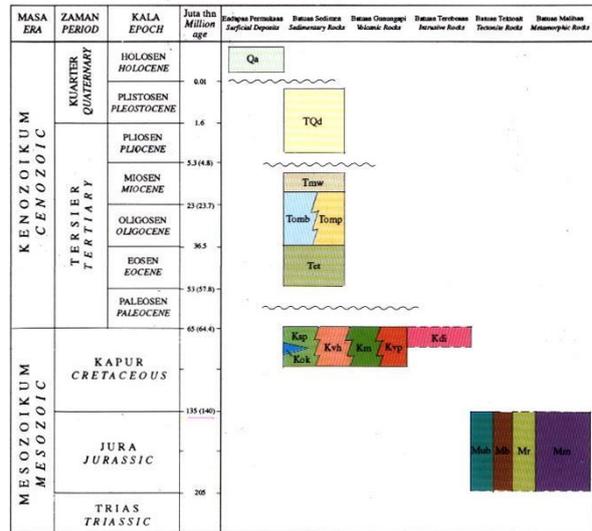
DAFTAR PUSTAKA

- Browne, P.R.L. 1996. Hydrothermal Alteration. Lecture Handout. 655.611, The University of Auckland.
- Corbett dan Leach. 1998. Southwest Pasific Rim Gold-Copper Systems: Structure, Alteration and Mineralization, USA: Society of Economics Geologist, Inc.
- Hochstein, M.P. dan Browne, P.R.L. 2000. Surface Manifestations of Geothermal System with Vulcanic Heat Source, dalam Encyclopedia of Volcanoes, Geothermal Institute, Auckland.
- Saemundsson K., 2009: GEOTHERMAL SYSTEMS IN GLOBAL PERSPECTIVE. ISOR – Iceland GeoSurvey, Gensásvegur 9, 108 Reykjavík. ICELAND.
- Saptadji, N.M., 2003, Teknik Panas Bumi, Departemen Proceedings of World Geothermal Congress, Bali, Indonesia. Teknik Perminyakan, ITB Bandung.
- Sieh, K. and Natawidjaja, D. H., 2000, Neotectonics of the Sumatran Fault, Indonesia Journal of Geophysical Research, 105(B12) 28,295–28,326.
- Tim Survei Terpadu. 2016. Survei Terpadu Geologi dan Geokimia Daerah Panas Bumi Panti, Kabupaten Pasaman Timur, Provinsi Sumatera Barat, Bandung: Pusat Sumber Daya Mineral Batubara Panasbumi.

LAMPIRAN



KORELASI SATUAN PETA
CORRELATION OF MAP UNITS

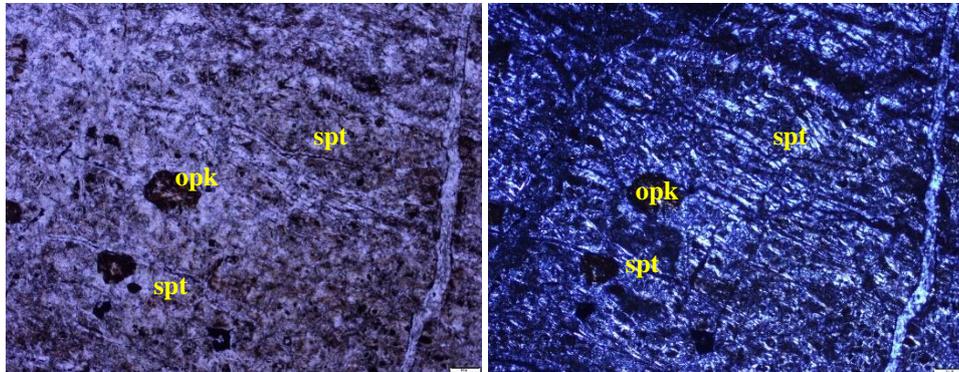


KETERANGAN :

- Qa** ALLUVIUM : Kerakal, kenikil, pasir, lanau, lempung dan lumpur, terdapat sebagai endapan sungai, rawa da pantai.
- Tet** FORMASI TANJUNG : Perselingan konglomerat, batupasir dan batulempung dengan sisipan serpih, batubar dan batugamping. Bagian bawah terdiri dari konglomerat dan batupasir dengan sisipan batulempung, serpih da batubara, sedangkan bagian atas terdiri dari batupasir dan batulempung dengan sisipan batugamping Batugamping mengandung fosil: *Discocyclina* sp., *Nummulites* sp. dan *Lepidocyclina* sp. berumur Eosen diendapkan di lingkungan fluvial di bagian bawah dan beralih ke delta di bagian atas. Tebal satuan diperkirakan 1500 m. Formasi Tanjung menindih takselaras Formasi Pitap dan Formasi Haruyan. Lokasi tipenya di daerah Tanjung, Kalimantan Selatan.
- Kvh** FORMASI HARUYAN : Lava basal, breksi aneka bahan dan tuf. Komponen breksi terdiri dari basal, rijang, batulanau dan grewake. Formasi Haruyan tebalnya mencapai 1250 m dan menjemari dengan Formasi Pitap. Lokasi tipenya di S. Haruyan di Lembar Amuntai, Kalimantan Selatan.
- Ksp** FORMASI PITAP : Perselingan konglomerat, batupasir wake, batupasir sela dan batulanau, bersisipan batugamping, breksi aneka bahan, batulempung, konglomerat dan basal. Konglomerat umumnya berlapis baik, komponennya terdiri atas basal, batulempung, ultramafik, rijang, batugamping, gabro, diabas; menghalus ke arah atas. Formasi Pitap diduga berumur Kapur Akhir dan terendapkan di lingkungan laut dangkal. Tebal satuan ini antara 1000 dan 1500 m. Formasi Pitap menjemari dengan Formasi Haruyan.
- Mub** BATUAN ULTRAMAFIK : Harzburgit, dunit, serpentinit, gabro, basal dan piroksinit yang telah terserpentinkan. Mikroiorit (granit tipe "M") berupa bodin berukuran 1-2 m dijumpai dengan arah U290°T. Batuan ultramafik bersentuhan secara tektonik dengan satuan di sekitarnya.

Lampiran 1. Peta Geologi Regional Pulau Sebuk, Lembar Kotabaru, Provinsi Kalimantan Selatan (Rustandi, dkk, 1995).

Lokasi : Madang
Kode contoh : MDG 80-157
Nama Batuan : Dunit terserpentinisasi (Streckeisen, 1976 rekomendasi IUGS)

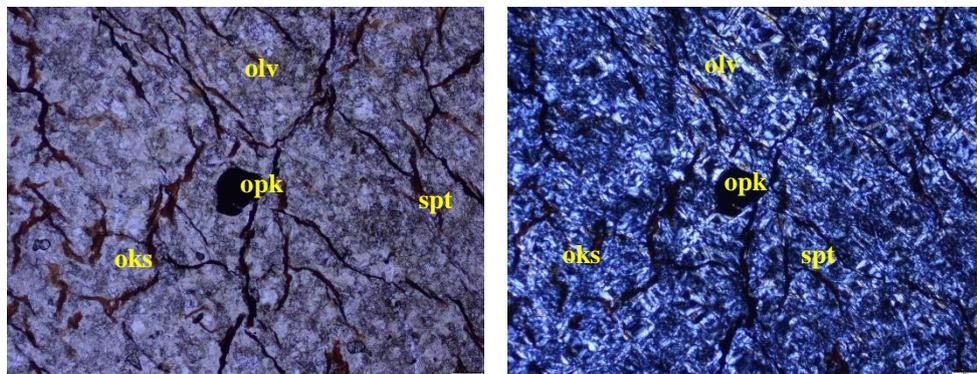


II - Nikol
Perbesaran 40x

X- Nikol
Perbesaran 40x

Lampiran 2. Kenampakan mikroskopis dunit terserpentinisasi pada satuan dunit terserpentinisasi di stasiun MDG 80. Keterangan : spt (serpentin), opk (mineral opak)

Lokasi : Madang
Kode contoh : MDG 109-185
Nama Batuan : Dunit terserpentinisasi (Streckeisen, 1976 rekomendasi IUGS)

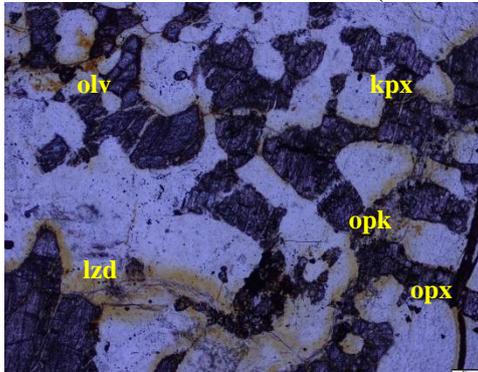


II - Nikol
Perbesaran 40x

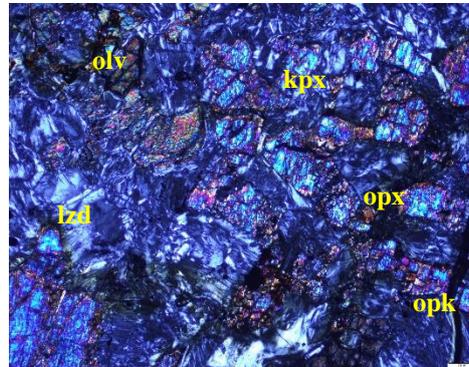
X- Nikol
Perbesaran 40x

Lampiran 3 Kenampakan mikroskopis dunit terserpentinisasi pada satuan dunit terserpentinisasi di stasiun MDG 80. Keterangan : spt (mineral serpentin), oks (mineral oksida), opk (mineral opak), olv (olivine)

Lokasi : Madang
Kode contoh : MDG 106-183
Nama Batuan : Lherzolite (Klasifikasi IUGS dalam Gill, 2010) terserpentinisasi



II – Nikol
Perbesaran 40x



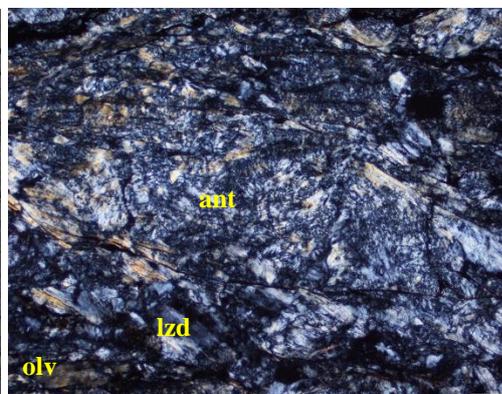
X– Nikol
Perbesaran 40x

Lampiran 4 Kenampakan mikroskopis dunit terserpentinisasi pada satuan dunit terserpentinisasi di stasiun MDG 106. Keterangan: lzd (serpentin (lizardit)), kpx (klinopiroksen), opk (opak), opx (orthopiroksen), olv (olivine)

Lokasi : Madang
Kode contoh : MDG 83-163
Nama Batuan : (Dunit terserpentinisasi (Streckeisen, 1976 rekomendasi IUGS))



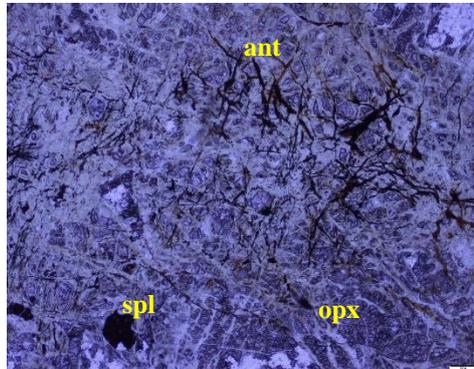
II – Nikol
Perbesaran 40x



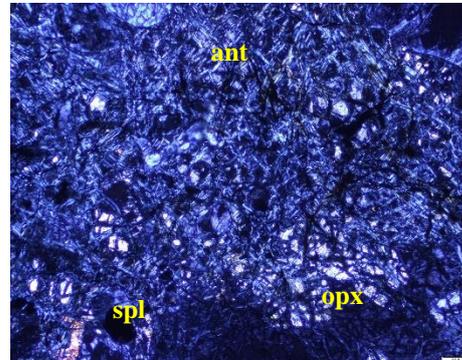
X– Nikol
Perbesaran 40x

Lampiran 5 Kenampakan mikroskopis dunit terserpentinisasi pada satuan dunit terserpentinisasi di stasiun MDG 83. Keterangan : lzd (serpentin (lizardit)), ant (serpentin (antigorite), olv (olivine)

Lokasi : Serakaman Tengah
Kode contoh : MDG 160-275
Nama Batuan : (Harzburgitterserpentinisasi (Streckeisen, 1976 rekomendasi IUGS))



II – Nikol
Perbesaran 40x



X– Nikol
Perbesaran 40x

Lampiran 6 Kenampakan mikroskopis dunit terserpentinisasi pada satuan dunit terserpentinisasi di stasiun MDG 160. Keterangan : ant (serpentin (antigorite), opx (orthopyroksen), spl (spinel)

Lampiran 7 Data Geokimia dan grafik beberapa unsur data pada pemboran CD00434 dan CD00225

Hole	FR	TO	Lithotype	Ni Total	Fe Total	Si Total	Mg Total	Al Total	Ca Total	LOI Total
CD00434	0	1	BS_1	0.34	45.68	1.65	0.79	6.71	0.02	10.90
	1	2	BS_2	0.33	45.96	1.09	0.26	7.03	0.02	10.61
	2	3	GRAV_1	0.35	45.08	1.26	1.09	7.30	0.02	10.09
	3	4	GRAV_2	0.35	45.44	0.90	0.26	7.75	0.01	11.95
	4	5	GRAV_3	0.44	47.32	0.81	0.22	6.26	0.00	13.55
	5	6	GRAV_4	0.58	45.98	1.27	0.73	5.35	0.02	14.44
	6	7	YS_1	0.72	46.99	1.46	0.55	4.25	0.02	13.28
	7	8	YS_2	1.00	48.35	1.92	0.41	2.96	0.02	11.87
	8	8.8	YS_3	0.96	45.92	3.19	2.21	2.27	0.08	13.77
	8.8	9	GS_1	0.81	15.02	17.29	16.74	0.47	0.09	10.05
	9	10	GS_2	0.44	4.72	19.69	19.24	0.29	0.14	14.58
	10	11	GS_3	0.34	4.79	20.88	18.69	0.19	0.21	13.26
	11	12	BR_1	0.20	3.00	19.83	20.96	0.16	0.06	12.83
	12	13	BR_2	0.19	2.88	19.88	20.76	0.18	0.08	13.80
13	14	BR_3	0.23	3.79	18.92	21.74	0.42	0.18	15.46	

Hole	fr	to	litho	Ni Total	Fe Total	Si Total	Mg Total	Al Total	Ca Total	LOI Total
CD00225	0	1	GRAV_1	0.41	47.33	0.98	0.29	5.12	0.01	10.05
	1	2	GRAV_2	0.39	47.38	1.13	0.27	5.06	0.01	11.93
	2	3	GRAV_3	0.74	47.43	0.96	0.34	4.04	0.01	10.95
	3	4	YS_1	0.76	46.22	1.11	0.33	5.05	0.01	10.75
	4	5	YS_2	0.93	49.62	1.20	0.24	2.51	0.01	12.68
	5	6	YS_3	0.96	50.44	1.19	0.24	2.53	0.01	10.38
	6	7	YS_4	1.10	25.47	13.34	11.56	1.54	0.27	12.13
	7	7.4	GS_1	1.11	15.52	14.50	14.69	5.25	0.20	12.75
	7.4	8	BR_1	0.24	4.31	19.74	20.85	0.24	0.05	15.20
	8	9	BR_2	0.39	4.41	17.98	29.63	0.00	0.04	9.91
9	10	BR_3	0.22	3.92	19.31	23.31	0.09	0.00	9.59	

